

# 液性限界塑性限界試験の再試験に関する考察と事例紹介

共栄興業株式会社

○野坂 泰弘

## 1. はじめに

液性限界・塑性限界試験（以下、液塑性）は土のコンシステンシー特性の把握に加え、各種指数・係数の推定や液状化判定の指針にも用いられる重要な試験である。しかし、試料の練り、加水の具合や落下回数判定など、手順の多くが試験者の判断による感覚的なものであるため、熟練度が結果に大きな影響を与えている。

弊社では、自社試料を中心に物理試験を数多く実施すると共に、技能試験を通じて試験者の技能向上に努めているが、液塑性においては熟練者でも一部試料で試験のやり直し（再試験）を要している。

ここでは、直近3年間に絞り、実施した液塑性の約7%に相当する60試料の再試験結果を取りまとめ、その特徴や傾向の事例を紹介し、併せて、試験の良否判断にも用いるタフネス指数（It）について考察する。

## 2. 再試験を要する試験結果の特徴

試験結果の良否は、実施全数をグラフ上にプロットして描かれる近似線（流動曲線）から判定する。この際、プロットが散乱するため流動曲線が特定困難な場合や、プロットが局所的に偏るため、異なる近似線が複数想定できる場合、或いは、落下回数が前後で頻繁に増減する場合などを再試験試料と判断している。弊社ではこれらを「散乱」「蛇行」「迷走」に分類しているが、これらが複合することもある。なお、「迷走」は結果的にグラフ上で若干の散乱に見える場合も多い。

典型的なものを以下に示す。

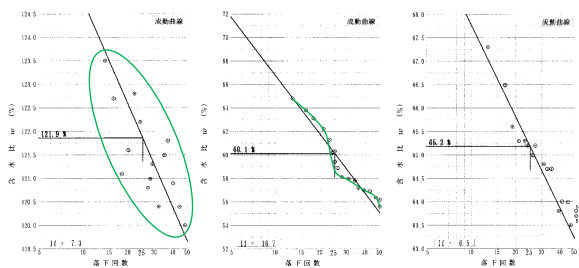


図-1 全体散乱①

図-2 蛇行

図-3 迷走

### (1) 散乱

散乱は、再試験の判断理由としての割合が最も多く、60試料中の43試料（72%）で確認された。

散乱には図-1のように近似線が特定できないものの他に、散乱の程度が全体的に均等なため、平行近似線が想定されるもの（図-4）、局所的に散乱し、その他の部分では近似線に収束するもの（図-5、図-6）などがある。因みに、図-6中央散乱の試料は散乱部分が迷走を伴っている。

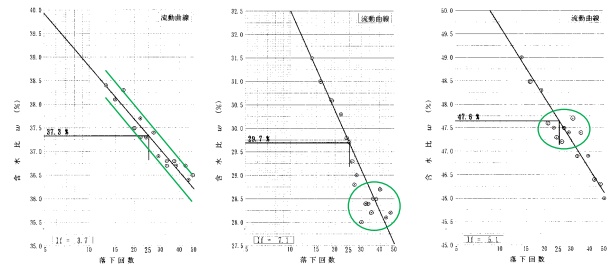


図-4 全体散乱②

図-5 初期散乱

図-6 中央散乱

初期散乱は、湿潤法において試験の初期段階が定まり難い現象で頻度も高い。また、類似した現象としては、初期段階の含水比変化が乏しいため、近似線が折れて緩勾配を描くものがある（図-7）。これはシルト及び有機物を含んだ試料でよく見られ、程度の差はあるものの、初期緩勾配の見られた14試料中の12試料（86%）はシルト及び有機物を含んだ試料であった。

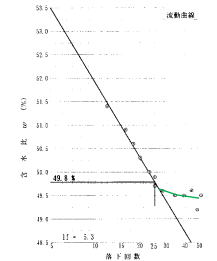


図-7 初期緩勾配

### (2) 蛇行

蛇行は60試料中の12試料（20%）で確認された現象で、初期緩勾配を伴うこともある。試料毎による明瞭な傾向は確認できないものの、初期緩勾配を伴うものは全てシルト試料であった。

### (3) 迷走

迷走は60試料中の5試料（8%）と頻度は低い。落下回数が前後で頻繁に増減することから結果の信頼性は著しく低いものの、図-3のようにグラフ上では比較的良好に見えるものの他、図-6のような散乱を伴うものがある。細砂を含んだ低液性試料などで、練返し時間が少ない場合に発生しやすく、試験中の加水が難しい印象である。

## 3. タフネス指数（It）

タフネス指数とは、Ip（塑性指数）とIf（流動指数）との比で、土のWpにおけるせん断強さを表す。

$$It = Ip / If \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、It：タフネス指数

Ip：塑性指数： $W_L - W_p$

If：流動指数：流動曲線の傾度

活性の高いコロイド分を含む土ほどItが大きく、一般にIt=0~3であるが、活性の高い粘土では5を示すことがある。これは火山灰粘土などで顕著であるが、有機物を

多く含んだ試料でも大きな値を示す傾向がある。

タフネス指数の異常 ( $It > 5$ ) は、60試料中の23試料 (38%) で確認されたが、ほとんどでその他の異常を伴っており、特に図-1のように近似線が特定困難な程に散乱し、If が低く算定されたことを原因としているものが多かった。しかし、この中に1試料だけであるが、It 異常のみで再試験としたものがある。(図-8 参照)

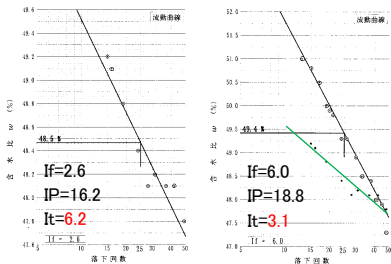


図-8 It 異常 図-9 図-8の再試験

図-8は、散乱の程度が軽微で一見すると良好な結果であるものの、低いIfによりItが高い値となっている。対して、再試験(図-9)ではプロットがより近似線に一致すると共に、Itも3.1と正常な値となった。ここに、両者の違いが練返し時間のみであることに鑑みると、推定ではあるが、試料に塩分を含んでいたため、電荷を帯びたコロイド粒子が凝集して微小団粒を形成し、この解きほぐし具合の違いが両者の差となって現れたのではないかと考えられる。因みに、図-9の緑線は、図-8の試験結果による流動曲線である。

初回試験においてこれを予見することは困難であるため、タフネス指数は、試験の良否判定の有効な判断指標になるものと考えられる。

#### 4. 乾燥時間の影響

液塑性において試料の乾燥時間の規定が無いため、弊社では土の含水比試験 (JIS A 1203 : 2009) に準じ<sup>1)</sup> 概ね18時間以上としている。ここで、ある蛇行試料の再試験に際し、やむを得ず約5時間で含水比を計測したところ散乱が見られた(図-10)。このため、18時間乾燥後に再度計測したところ、こちらでは非常に良好な結果が得られた(図-11)。このことから、僅か数グラムの試料であっても5時間程度では十分な乾燥時間とはいえず結果の信頼性が低いことが判った。

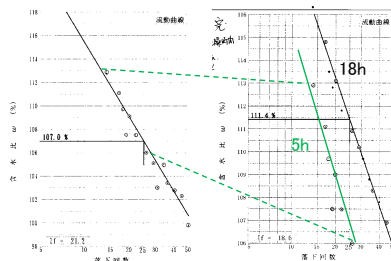


図-10 5h 乾燥 図-11 18h 乾燥

#### 5. 再試験で使用する試料による影響

再試験で使用する試料は、準備できる量に応じ、①「未使用の生試料」から、量が減少するに従って、②「元試験で用いた練返し試料と生試料の混合」となり、更に少

ない場合は、③「元試験、或いは、その他物理試験で用いた乾燥試料との混合」となる場合がある。

この内、③は今回の60試料中に該当は無く、①に関しても該当する39試料の結果から特に目立った傾向はみられなかった。しかし、②に関しては明瞭な傾向がみられ、該当する21試料での再試験にWLが上昇したものは無く、混合割合により程度の差はあるものの、18試料 (86%) でWLが低下した。代表例を図-12に示すが、この試料ではWP、Ifがほぼ同値のまま、WLが3%程度低下した。

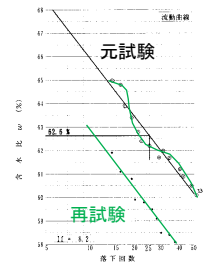


図-12 WL 低下

#### 6. まとめ

本報で紹介してきた事例のグラフは、Y軸の1cm当たりの幅が0.1%~2.0%のものまで実に20倍の差が存在する一方、試料質量は千分の1g (0.001g) の違いが含水比で0.1%の差となることも多い。また、X軸も落下回数が少ない領域では1回の差が大きく、共に僅かな違いがグラフ上では大きな変化として現れる。これらのことから、試験者の技能・熟練度に加え、測定値の精度が結果の良否を大きく左右する。よって、定期的な試験器具・測定機器の検定・校正は試験品質確保のため非常に重要である。

練返し時間は、5.でも紹介したとおり過多になるとWLの低下を招く一方、試験初期が安定しないような試料や3.で紹介したような試料などについては十分な練返しが必要であるなど、練返し時間の定量的な規定は難しい。このため、試料によっては再試験の実施はやむお得ないとしても、元試験実施者から再試験実施者へ「練り合わせの状況」「加水の状況」「落下回数の増減の状況」などの試験時の手応えを、十分かつ正確に伝達する両者の意思疎通が重要である。

3.において、試験結果の良否判定にタフネス指数も有効な判断指標となることを示した。今後の参考となれば幸いである。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 地材料試験の方法と解説 (2009) : 公益社団法人地盤工学会, pp. 105.